

KAJIAN PEMODELAN MATEMATIS AKIBAT PENGARUH VARIASI FAKTOR REDUKSI BEBAN MATI PADA SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

Moro Sukisno¹, Purwanto², Hence Michael Wuaten²

¹Karya Siswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda 75124

²Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda 75124

Abstrak

Indonesia terletak didaerah rawan gempa, sehingga perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Kajian ini dilakukan terhadap variasi faktor reduksi beban mati menurut SNI 1727-2013. Beban gempa masukan meliputi statik ekivalen dan respons spektrum dengan program SAP2000. Peneletian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi faktor reduksi beban mati pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) terhadap nilai gaya dalam, hubungan nilai gaya dalam dan pengaruh terhadap komponen struktur. Hasil penelitian menunjukkan nilai gaya dalam dengan perbedaan tidak signifkan dengan rata-rata untuk gaya aksial = 10,40%, gaya geser = 9,82%, dan momen lentur = 9,83%. Hubungan nilai gaya dalam dengan regresi untuk gaya aksial $y = 0,1x + 0,7$ dengan $R^2 = 1$, gaya geser $y = 0,1x + 0,7$ dengan $R^2 = 1$, momen lentur $y = 0,1x + 0,7$ dengan $R^2 = 1$ dan dengan nilai $R^2 = 1$ maka nilai interpretasi hasil sangat tinggi, dan kebutuhan penulangan tidak berubah.

Kata kunci : beban mati, SRPMK, variasi faktor reduksi

Abstract

Indonesia is located at the earthquake area, so it needs to be planned earthquake resistant building structure. This study was conducted on variations of dead load reduction factor according to SNI 1727-2013. While the input earthquake load includes static equivalents and spectral response with the SAP2000 program. This research is aim to know influence of variations of dead load reduction factor on Special Moment Frame System (SRPMK) to inner force values, connection to inner force values and influence to structure component. Output of the research showing that inner force values with no significant difference with averages for axial force = 10,40%, shear force = 9,82%, and bending moment = 9,83%. Connection to inner force values with regression for axial force $y = 0,1x + 0,7$ with

$R^2 = 1$, shear force $y = 0,1x + 0,7$ with $R^2 = 1$, bending moment $y = 0,1x + 0,7$ with $R^2 = 1$, and with values of $R^2 = 1$ then the interpretation of the results is very high and the reinforcement is not change.

Keywords : *dead load, SRPMK, variations of reduction factor*

PENDAHULUAN

Indonesia terletak di daerah rawan gempa, yang merupakan negara kepulauan yang dilewati oleh lempeng Eurasia, Indo-Australia, Filipina dan Pasifik. Oleh karena itu, mengurangi resiko akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Beberapa parameter gempa bumi yang mempengaruhi tingkat kerusakan bangunan adalah percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration*, PGA), nilai spektrum respon, durasi gempa, dan kandungan frekuensi gempa. Parameter kandungan frekuensi gempa dinilai paling berpengaruh dibandingkan parameter lainnya. (Widodo, 2001 dalam Faizah, 2015).

Model struktur gedung dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) akan diteliti bagaimana hubungan faktor reduksi terhadap gaya dalam dengan variasi yang telah ditentukan. Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh variasi faktor reduksi beban mati terhadap gaya dalam yang terjadi, hubungan antara faktor reduksi beban mati dengan gaya dalam yang terjadi dan komponen struktur beton bertulang akibat pengaruh variasi faktor reduksi beban mati pada SRPMK.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Model Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), jenis bangunan SRPMK akan direncanakan dengan konsep *Strong Column and Weak Beam* (kolom kuat dan balok lemah), dengan detailing penuh. (Purwono & Tavio, 2010). SRPMK memperhitungkan kapasitas geser pada kolom dan balok untuk menghindari tekuk inelastik premature pada balok dan menjamin terjadinya sendi plastis pada balok, sedangkan didaerah luar sendi plastis tidak perlu didetail secara khusus.

Analisis Statik Ekuivalen

Dalam SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1, periode fundamental dilakukan dengan pendekatan sebagai berikut:

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (1)$$

Dimana:

h_n = ketinggian struktur (m) diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

C_t & x = koefisien yang ditentukan sesuai SNI 03-1726:2012 pasal 7.8.2.1.

Dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.7.2, disebutkan bahwa berat efektif struktur (W), harus menyertakan seluruh beban mati sendiri struktur dan beban hidup bereduksi minimal 25% beban hidup lantai. Selanjutnya Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1, perhitungan koefisien respons seismik C_s ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2)$$

Dimana:

C_s = koefisien respons seismik

S_{DS} = parameter percepatan desain respons spektrum dalam rentang periode pendek

I_e = faktor keutamaan gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1, gaya geser dasar V dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$V = C_s \times W \quad (3)$$

Dengan:

V = gaya geser dasar seismik

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

Perhitungan distribusi beban gempa dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 sebagai berikut:

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (4)$$

Dimana:

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (5)$$

Keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser didasar struktur

W_i dan w_x = berat seismik efektif total struktur ditingkat i atau x

h_x dan h_i = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur

$T \geq 2,5$, nilai $k = 2$

$0,5 < T < 2,5$, nilai $k = 2$ atau dengan interpolasi linear antar 1 dan 2

Respons Spektrum

Dalam gempa dinamik respons spektrum yang didasarkan pada *ground acceleration*, parameter ragam respons spektrum berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dengan meninjau selisih waktu getar alami. Dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.9.1 nilai kontrol partisipasi massa harus berjumlah

minimum 90% dari massa aktual. Selanjutnya menurut SNI 176:2012 Pasal 7.9.4, dengan syarat sebagai berikut:

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}} \quad (6)$$

Jika nilai persyaratan belum terpenuhi, maka besarnya V dinamik harus dikalikan dengan faktor skala gempa $0,85 V_{\text{statik}}/V_{\text{dinamik}}$. Rasio simpangan struktur harus memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut:

1. Faktor pembesaran defleksi (C_d) (SNI 1726:2012 Tabel 20).
2. Faktor keutamaan gempa (I_e) (SNI 1726:2012 Tabel 2).
3. Faktor redudansi untuk gedung dengan KDS (SNI 1726:2012 Pasal 7.3.4.1).
4. Simpangan antar lantai yang diijinkan untuk gedung dengan kategori resiko II adalah $= 0,025 \times h_{sx}$, dengan h_{sx} adalah tinggi tingkat dibawah tingkat x (SNI 1726:2012 Pasal 7.12.1 Tabel 16).

Analisa Regresi

Hasil dari perhitungan korelasi di interpretasikan pada sebuah hubungan yang didasarkan pada nilai angka yang muncul. Sandaran nilainya adalah $-1 \leq r \leq 1$.

Tabel 1 Interpretasi nilai R

R	Interpretasi
0	Tidak berkorelasi
0,01 – 0,20	Sangat rendah
0,21 – 0,40	Rendah
0,41 – 0,60	Agak Rendah
0,61 – 0,80	Cukup
0,81 – 0,99	Tinggi
1,0	Sangat Tinggi

Sumber: Hartono, Statistik Untuk Penelitian, 2004

METODOLOGI PENELITIAN

Objek kajian yang dibahas adalah berupa struktur portal beton bertulang pada Bangunan Pasar Loa Bahu Kota Samarinda. Penelitian ini meliputi pemilihan model struktur dan analisis statik ekivalen dan respons spektrum dengan SAP2000. Literatur yang digunakan dalam kajian ini yaitu:

- Tata Cara Perhitungan Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1726-2012).
- Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).
- Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Model Struktur

Gedung yang dianalisa adalah bangunan pasar, dengan fungsional lantai sebagai kios. Jumlah lantai direncanakan adalah 8 lantai dengan kategori resiko II.

Kategori Desain Seismik

Berdasarkan data hasil sondir didapatkan nilai $N = 34,8$, dengan mengacu pada SNI 1726:2012 Tabel 3 didapatkan kelas situs tanah sedang (SD) dan nilai $S_s = 0,15g$. Nilai F_a berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 4 adalah 1,6 dan $S_1 = 0,1g$. Merujuk pada SNI 1726:2012 tabel 6, nilai $F_v = 2,4$. $S_{MS} = 0,24 g$ dan $S_{M1} = 0,24 g$ menurut pasal 6.2. Merujuk pasal 6.3 nilai $S_{DS} = 0,16$ dan $S_{D1} = 0,16$. Berdasarkan tabel 7 dan nilai S_{DS} dan S_{D1} didapatkan KDS C dan dengan merujuk pada pasal 7.2.2 didapatkan sistem penahan gempa dengan SRPMK.

Perencanaan Struktur Sekunder Bangunan

Perencanaan struktur sekunder bangunan meliputi tangga dan pelat lantai. Perencanaan tangga meliputi perencanaan dimensi, *antrede* dan *optrade* berdasarkan tinggi tiap lantai dan juga diperhitungkan desain penulangan yang dibutuhkan.

Perencanaan Geometri Struktur

Tipe balok yang digunakan adalah balok tanpa *prestress* dengan pendekatan $h = 1/10 - 1/16 L$ dan $b = 1/2 - 2/3 h$. Sedangkan untuk struktur kolom digunakan pendekatan dengan rumus $\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$.

Hasil Perhitungan

Kombinasi pembebanan yang akan dikaji dan divariasikan berdasarkan SNI 1727:2013. Dengan memvariasikan nilai faktor reduksi beban mati menjadi sebagai berikut:

1. Kombinasi 1
 - 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
 - 1,1 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
 - 1,0 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
 - 0,9 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
 - 0,8 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)

2. Kombinasi 2

1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau S atau R)

1,1 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau S atau R)

1,0 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau S atau R)

0,9 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau S atau R)

0,8 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau S atau R)

3. Kombinasi 3

1,2 D + 1,0 L + 1,0 E + 0,2 S

1,1 D + 1,0 L + 1,0 E + 0,2 S

1,0 D + 1,0 L + 1,0 E + 0,2 S

0,9 D + 1,0 L + 1,0 E + 0,2 S

0,8 D + 1,0 L + 1,0 E + 0,2 S

Setelah semua parameter variasi faktor reduksi beban mati dilakukan dan beban gempa dihitung dengan analisa gempa statik ekuivalen dan respons spektrum dan dengan bantuan program SAP2000, maka didapatkan nilai gaya dalam maksimum untuk masing-masing variasi adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Gaya Aksial

Tabel Rekapitulasi Gaya Aksial					
Kombinasi	Variasi				
	0,8	0,9	1	1,1	1,2
1	2529,874	2652,975	3358,423	3558,558	3758,693
2	2014,431	2643,068	2853,110	3053,246	3253,381
3	2003,064	2642,139	2843,127	3043,262	3243,397
4	2002,038	2642,139	2842,098	3042,233	3242,369
5	2061,414	2643,934	2844,168	3044,303	3244,438
6	2186,746	2644,605	2882,557	3104,119	3325,627

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Gaya Geser

Tabel Rekapitulasi Gaya Geser					
Kombinasi	Variasi				
	0,8	0,9	1	1,1	1,2
1	180,689	204,944	226,919	248,894	270,870
2	177,965	202,274	224,249	246,225	268,200
3	166,930	193,196	213,018	234,979	256,940
4	139,450	168,151	185,403	207,349	229,295
5	188,396	211,332	234,647	256,626	278,602
6	213,065	230,771	259,169	281,155	303,130

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Gaya Momen Lentur

Tabel Rekapitulasi Gaya Momen Lentur					
Kombinasi	Variasi				
	0,8	0,9	1	1,1	1,2
1	355,329	402,996	446,222	489,448	532,674
2	350,022	397,793	441,019	484,245	527,471
3	327,519	379,248	418,076	461,270	504,464
4	271,436	328,109	361,770	404,936	448,101
5	371,328	416,295	462,258	505,490	548,716
6	421,708	455,994	512,335	555,583	598,809

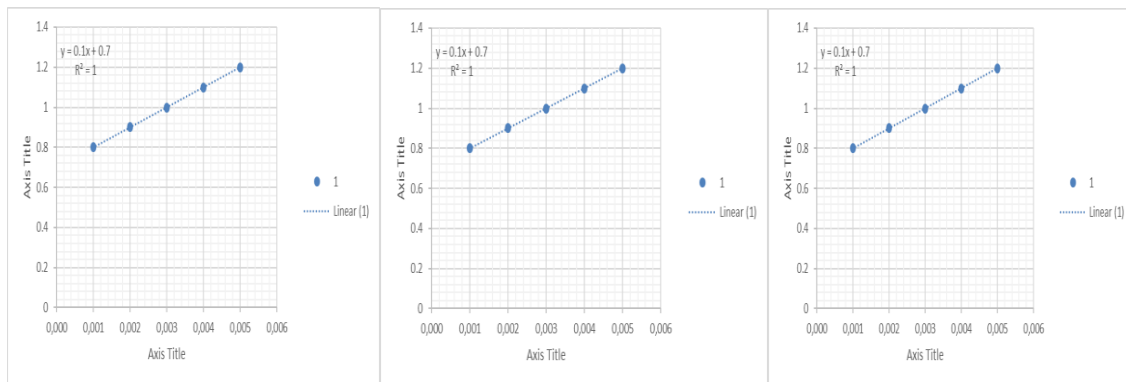
Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Dari hasil output SAP2000 untuk masing-masing variasi, maka dilakukan analisa regresi dengan menggunakan bantuan *Microsoft excel* dan didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Gaya Aksial

b. Gaya Geser

c. Momen Lentur



Gambar 1. Kurva regresi nilai gaya dalam

Desain Komponen Struktur Lentur

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1, syarat komponen struktur lentur:

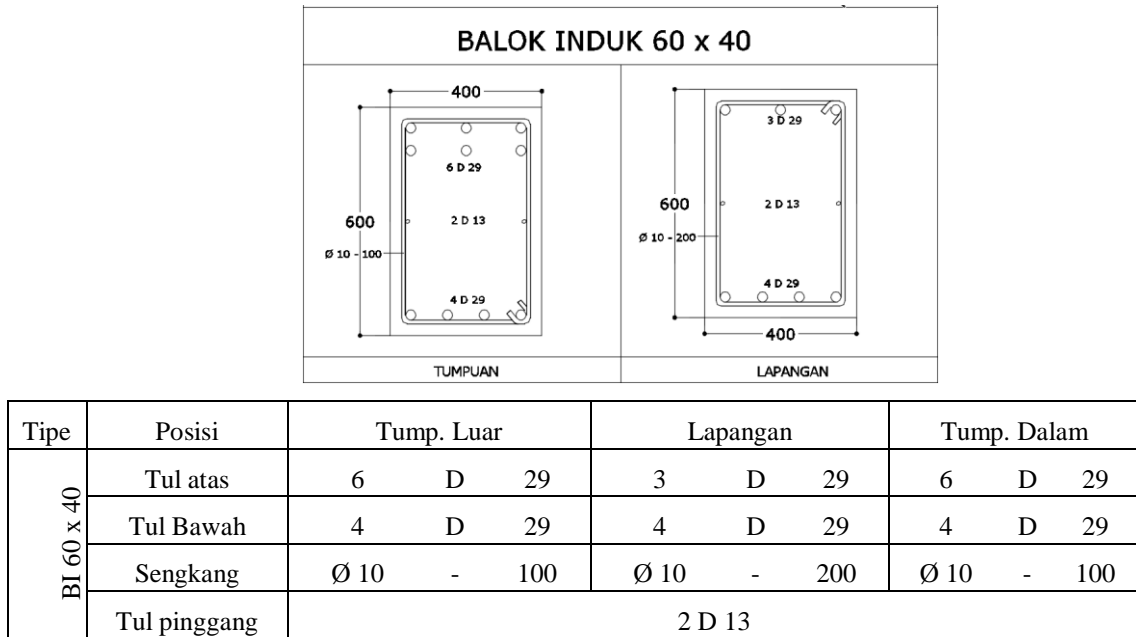
1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1 A_g f_c'$.
2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.
3. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.
4. Lebar komponen tidak boleh:
 - a. Kurang dari 250 mm – Ok.
 - b. Melebihi lebar struktur penumpu.

Balok harus memikul beban gempa dengan perencanaan lentur momen ultimit (M_u) \leq momen nominal (M_n) pada daerah tumpuan dan lapangan balok. Kuat lentur maksimum (M_{pr}) pada daerah sendi plastis dihitung berdasarkan tulangan terpasang dengan tegangan tarik baja $f_s = 1,25 f_y$ dan faktor reduksi 1,0 dan tidak boleh lebih kecil dari gaya geser berdasarkan analisis struktur.

Gaya geser balok dihitung dengan:

$$V_e = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-2}}{l_n} + \frac{\omega u \times l_n}{2} \quad (6)$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan desain komponen struktur lentur untuk semua variasi adalah tidak berubah dengan komponen struktur sebagai berikut:



Gambar 2. Desain Penulangan Balok 60 x 40

Desain Komponen Struktur Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6 dijelaskan bahwa untuk komponen- komponen struktur pada perhitungan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang memikul gaya akibat beban gempa dan menerima beban aksial terfaktor yang lebih besar dari $0,1.A_g.f'_c$, maka komponen elemen struktur tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

1. Gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada kolom melebihi $0,1.A_g.f'_c$.
2. Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm.
3. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

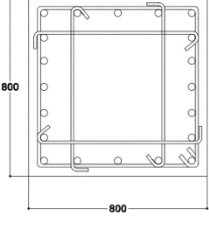
Kuat lentur kolom dihitung berdasarkan desain kapasitas *strong column weak beam* menurut Pasal 21.6.2.2 yaitu sebagai berikut.

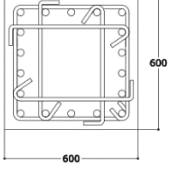
$$\Sigma M_c > 1,2 \Sigma M_g \quad (7)$$

Sedangkan gaya geser kolom menurut pasal 23.4.5.1 dihitung sebagai berikut:

$$V_e = \frac{M_{pr-3} + M_{pr-4}}{l_n} \quad (8)$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan desain komponen struktur lentur untuk semua variasi adalah tidak berubah dengan komponen struktur sebagai berikut:

TIPE	KOLOM K1	
POSISI		
BASEMENT		
SKETSA		
Lantai 1		
Basement		
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	800 X 800	
TULANGAN POKOK	20 D 32	
SENGKANG	D13-100	D13-150
PENGKANG	2 D13-100	2 D13-100

TIPE	KOLOM K2	
POSISI		
BASEMENT		
SKETSA		
Lantai 2		
Lantai 1		
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	600 X 600	
TULANGAN POKOK	18 D 32	
SENGKANG	Ø16-100	Ø16-150
PENGKANG	2 Ø16-100	2 Ø16-100

Gambar 3. Desain komponen struktur kolom

Hubungan Balok Kolom

Hubungan balok–kolom (HBK) atau *beam–column joint* mempunyai peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu struktur gedung bertingkat tinggi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Hal ini dapat mengakibatkan joint yang mempertemukan balok dan kolom menjadi tidak kuat dan cepat runtuh. Maka dari itu diperlukan tulangan pengekan untuk mampu menerima dan menyalurkan gaya gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom.

Dari hasil analisa didapatkan 4 hoops 2 kaki D13 ($A_s = 265,571 \text{ mm}^2$) dengan spasi 120 mm.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan, sesuai dengan tujuan yang tercantum dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi faktor reduksi beban mati terhadap gaya dalam yang terjadi pada SRPMK tidak terlalu signifikan, dengan perbedaan nilai gaya dalam rata-rata untuk gaya aksial = 10,40%, gaya geser = 9,82%, dan momen lentur = 9,83%.
2. Hubungan antara faktor reduksi beban mati dengan gaya dalam yang terjadi pada SRPMK adalah sebagai berikut:
 Gaya Aksial dengan $y = 0,1x + 0,7$ dan nilai $R^2 = 1 \rightarrow$ nilai interpretasi hasil sangat tinggi.
 Gaya Geser dengan $y = 0,1x + 0,7$ dan nilai $R^2 = 1 \rightarrow$ nilai interpretasi hasil sangat tinggi.
 Momen Lentur dengan $y = 0,1x + 0,7$ dan nilai $R^2 = 1 \rightarrow$ nilai interpretasi hasil sangat tinggi.
3. Kebutuhan penulangan komponen struktur beton bertulang akibat pengaruh variasi faktor reduksi beban mati pada SRPMK dapat diambil kesimpulan bahwa nilai hasil desain penulangan tidak mengalami perubahan pada setiap variasi.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap hubungan nilai regresi faktor reduksi beban mati terhadap nilai gaya dalam yang bekerja pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
2. Perlu kajian lebih lanjut terhadap pengaruh nilai gaya dalam dengan variasi faktor reduksi dan kebutuhan desain penulangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus dan Gushendra (2015). *Perbandingan Analisa Struktur Mode Portal Open Frame, Bresing dan Dinding Geser Pada Struktur Gedung Beton Bertulang Terhadap beban Gempa*. Padang. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Padang
- Badan Standarisasi Nasional (1989). SNI 03-1727-1989. *Standar Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (2012). SNI 03-1726-2012 *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (2013). SNI 03-1727-2013 *Standar Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (2013). SNI 03-2847-2013 *Standar Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta
- Dipohusodo, Istimawan (1993). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Bandung. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Faizah, Restu (2015). *Pengaruh Frekuensi Gempa Terhadap Respons Bangunan Bertingkat*. Yogyakarta. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Yogyakarta.
- Gazali dan Iranata (2012). *Studi Perbandingan Perilaku Bangunan Menggunakan SRPM, SRBK Dan SRBK Menggunakan Outrigger Terhadap Variasi Tinggi Gedung*. Jurnal Teknik Pomits. Volume 1, No.2, 2012
- Hartono (2004). *Statistik Untuk Penelitian*. Yogyakarta. Pustaka Pelajar

- Hasibuan, Khadavi dan Mulyani (2015). *Perencanaan Struktur Gedung Rusunawa Dengan Sistem Ganda Kombinasi Antara Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Dengan Sistem Dinding Shearwall (SDS)*. Jurnal Sipil Statik. Volume 1, No. 10, September 2015
- Ichwandri, Yudha P. (2014). *Perencanaan Struktur Gedung Asraman Mahasiswa Universitas Sriwijaya Palembang Dengan Penahan Lateral Dinding Struktural*. Indralaya, Sumatera Selatan. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
- Nadeak, Lexono (2016). *Analisis Desain Gedung Whiz Hotel Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. Lampung. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung
- Noviyanti, Ika (2016). *Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 4 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) Di Wilayah Sukoharjo*. Jurnal Sipil Statik. Volume 1, No. 3, 2016
- Pamungkas, Anugrah dan Harianti (2009). *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press
- Purwono dan Tavio (2010). *Evaluasi Cepat Sistem Rangka Pemikul Momen Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press
- Purwono, Rachmat (2005). *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa: Perencanaan Dan Perhitungan Sesuai SNI 1726 Dan SNI 284*. Surabaya: ITS Press
- Sanjaya, Sendi S.R. (2014). *Perencanaan Struktur Gedung Asrama Mahasiswa Universitas Sriwijaya Palembang Dengan Penahan Lateral Kombinasi Sistem Rangka Pemikul Momen Dan Dinding Struktural*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol.2, No. 1, Maret 2014
- Siregar, Yohanes A.N. (2008). *Evaluasi Daktilitas Pada Struktur Ganda*. Jurnal Teknik Sipil, Volume 2, No. 5, 2008
- Tumilar, Steffie (2006). *Pelatihan Perencanaan Struktur Bangunan Tinggi*. Jakarta. PT. Arkonin
- Yanto, Dwi (2010). *Evaluasi perilaku seismik gedung balai kota surakarta pasaca gempa dengan nonlinier static pushover analysis metode spektrum kapasitas*. Jurnal Teknik Sipil. Volume 2, No. 1, 2010